

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(1) Publication number : 2000-099760  
(43) Date of publication of application : 07.04.2000

(5) Int. Cl. 606T 15/00  
601B 11/24  
601C 11/04

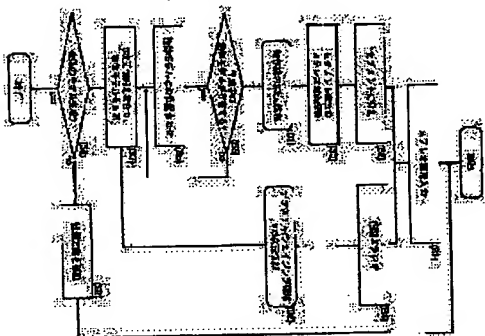
(21) Application number : 10-266643 (71) Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL

(22) Date of filing : 21.09.1998 (72) Inventor : SUMI YASUSHI  
TOMITA FUMIAKI  
KAWAI YOSHINIRO

(54) METHOD FOR FORMING THREE-DIMENSIONAL MODEL AND COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM RECORDING THREE-DIMENSIONAL MODEL FORMING PROGRAM

(57) Abstract  
PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically form a three-dimensional(3D) model for an object by aligning and integrating 3D information from stereoscopic images obtained in plural different observing directions.

SOLUTION: Plural stereoscopic images obtained by observing an object in plural different directions are inputted (S1). A 3D outline is restored from these stereoscopic images (S4), and a 3D area is restored based on the stereoscopic images. The data (D1, D2) of these restored 3D outline and 3D area are aligned to the data of the 3D outline and 3D area of an object model in forming (S6) to integrate them as the object model (S7). Further, an observing direction is moved (S9) and the processing described above is repeated to form the whole object model.



(9) 日本国特許 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開 2000-99760  
(P 2000-99760A)  
(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int. Cl. 7 識別記号  
G 0 6 T 15/00 F 1  
G 0 1 B 11/24 G 0 6 F 15/02 3 5 0 V 2F065  
G 0 1 C 11/04 G 0 1 B 11/24 K 5B050  
G 0 1 C 11/04 G 0 1 C 11/04

審査請求 有 請求項の数 8 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-266643

(22) 出願日 平成10年9月21日 (1998.9.21)

(71) 出願人 000001144  
工業技術院長  
東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 角 保志  
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術  
院電子技術総合研究所内

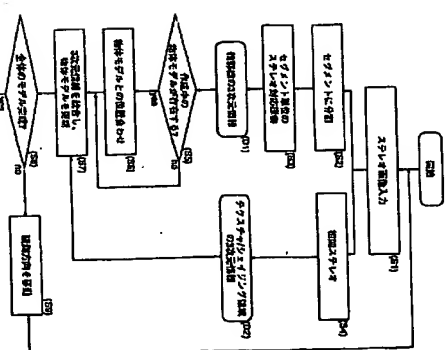
(72) 発明者 富田 文明  
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術  
院電子技術総合研究所内

(74) 指定代理人 220000356  
工業技術院電子技術総合研究所長

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元物体モデル生成方法及び3次元物体モデル生成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【要約】  
【課題】 複数の異なる観測方向からのステレオ画像から、3次元情報を位置合わせして統合し、物体の3次元幾何モデルを自動生成する。  
【解決手段】 複数の異なる方向から物体を観測しステレオ画像を入力する (S1)。ステレオ画像から3次元輪郭線を復元する (S4)、一方、そのステレオ画像に基づき、3次元領域を復元する (S3)。これら復元された3次元輪郭線又は3次元領域の情報 (D1, D2) を、それぞれ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをし (S6)、物体モデルとして統合する (S7)。さらに、観測方向を移動して (S9)、上述の処理を繰り返し、全体の物体モデルを生成する。



※本図の図面は、本発明の具体的な実施形態を示すものであり、本発明の範囲を限定するものではありません。



れのアナログ出力がA/D変換器4a, 4b, 4cによりデジタル信号に変換されて、データバス2に送出される。回転角度をコンピュータ1によって制御される。画像メモリ6は、テレビカメラ3a, 3b, 3cで撮像した物体の画像データを格納する。ディスプレイ装置7は、画像を表示するためのCRTや液晶・プラズマ表示装置等である。ハードディスク10は、システムソフトウェア、画像データ、ステレオビデオによって復元された3次元情報、およびその3次元情報を統合して生成された3次元物体モデルデータを保存する。入力装置11は、例えばのドラッグ装置を用いる。ステレオビデオカメラ・各種データ等を記録させたCD-ROMを読み取るための装置である。システムソフトウェアは、例えばこの入力装置11によってハードディスク10にインストールされる。さらに、このシステムは、データバス2を介して、外部のホストコンピュータ等と接続されている。

10012 図2には、本発明に係る3次元物体モデル生成方法のフローチャートを示す。すなわち、この図では、入力ステレオ画像に基づき復元するための処理の流れが示されている。まず、図1に示されたような3台のカメラ3a, 3b, 3cのうち2台または3台を使い、物体をある方向から観測したステレオ画像を入力する(ステップS1)。3台のカメラで画像を入力することにより、計算コストは多く要するものの、ステレオ法による3次元情報復元をより高精度にすることができ、なお、1台のカメラで順次多方向から観測するようにしてもよい。

10013 例えばセグメントベースステレオによる処理フローでは、まず、このステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割する(ステップS2)。その後、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索の処理を行い(ステップS3)、輪郭線の3次元情報(ステップD1)を復元する。一方、このような処理フローで並行して、例えば相關ステレオによる処理フローでは、ステップS1で入力された同じステレオ画像に基づき、画像間の相位置に基づき相關ステレオの処理を行い(ステップS4)、テクスチャ領域およびシェイプ領域の3次元情報(ステップD2)を復元する。ここで、テクスチャ領域とは、細かい微細が存在する領域である。また、シェイプ領域とは、滑らかな曲面が光源との位置関係に基いて、その明るさを少しずつ変化させている領域である。

10014 つぎに、現在作成中の物体モデルが既に登録されているか否かの判断を行う(ステップS5)。ここで、物体モデルが既に登録されているば、輪郭線の3次元情報(ステップD1)を用いて、登録された物体モデルとの位置合わせを行い(ステップS6)、物体モデルにステップS1及びD2を統合し、物体モデルを更新する(ステップS7)。なお、ステップS6における位置合わせについては、領域の3次元情報に基づいてそれを行うようにしてもよい。輪郭線及び領域の両方の情報によりそれを行うようにしてもよい。一方、ステップS5で、物体モデルがまだ登録されていないば、ステップD1及びD2を統合し、物体モデルとして登録する(ステップD2)。

10015 つぎに、物体全体のモデルが完成しているかどうかの判断を行う(S8)。ここで、全体のモデルが完成していないば、これまで観測していない方向に観測方向を移動させ(S9)、上述のようなステップS1～S8及びD1, D2の処理を繰り返す。一方、全体のモデルが完成していれば、処理を終了する。

10016 次に、具体的なステレオ画像を用いて、上述の処理を詳細に説明する。まず、物体をある方向からステレオカメラシステムで観測し、ステレオ画像を入力する(ステップS1)。これを、第一観測方向からのステレオ画像とする。図3に、入力ステレオ画像の説明図の一例を示す。この場合、3眼のCCDカメラにより、640×480 pixels、2.5 gray levelsで画像を入力した。

10017 図4に、ステレオ画像から復元した輪郭線の3次元情報を表す説明図を示す。ここでは、図3のステレオ画像から、エッジを抽出してセグメントに分割し(ステップS2)、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索の処理を行うことにより復元した(ステップS3)。このようなエッジセグメントを用いたステレオ法は、一般に、セグメントベースステレオと呼ばれる。セグメントベースステレオによれば、輪郭線の3次元情報を高精度で得ることができ、以下では、このようにして復元された輪郭線の3次元情報を、単に「3次元輪郭線」と呼ぶことにする(ステップD1)。

40

10018 つぎに、このような3次元輪郭線の特徴点及び3次元幾何特徴について説明する。図5に、輪郭線の3次元情報(セグメントに分割される特徴点を表す説明図)を示す。3次元輪郭線は、その復元処理過程において、図示のような各特徴点で分割される。特徴点には、例えば、分岐点、屈曲点、変曲点、遷移点等がある。これらの特徴点は、3次元輪郭線の形状に固有の特徴である。

10019 また、図6に、3次元幾何特徴の構造についての説明図を示す。上述の特徴点上に、図6に示すような、例えば、二つのベクトルV1及びV2と、これらのベクトルに対する法線ベクトルV3からなる3次元幾何特徴を構成することができ、この他の3次元幾何特徴の表現としては、輪郭線を円に近似した際の円中心と、輪郭線方向へのベクトルU1、円面の法線方向のベクトルU2及び実際の特徴点へのベクトルU3により、構成することもできる。

50

10020 つぎに、図7に、ステレオ画像から復元したテクスチャ/シェイプ領域の3次元情報について

の説明図を示す。これは、図3のステレオ画像から、相關ステレオによって画像間の相位置に基づいて復元した3次元情報である(ステップS4)。一般に、相關ステレオは、ステレオ画像のある要素周辺の領域の相關計数を算出することによって、対応探索を行う手法である。相關ステレオでは、セグメントベースステレオでは復元が困難な、テクスチャ領域やシェイプ領域の3次元情報を復元することができ、以下では、相關ステレオで復元された3次元情報を、単に「3次元領域」と呼ぶことにする(ステップD2)。

10021 この段階では、作成中の物体モデルはまだ登録されていないので、作成された3次元輪郭線(図4)と3次元領域(図7)とを統合し、(第一観測方向からの)物体モデルとして登録する(ステップS7、その1)。以下では、単に物体モデルといえ、システムに登録されている、現在作成中の物体モデルをいうこととする。通常、第一観測方向から観測されるステレオ画像だけでは、物体全体の3次元情報を復元することはできない。このため、複数の異なる観測方向からの3次元情報を位置合わせして統合することにより、物体全体の幾何モデルを生成する(ステップS8, S9)。

10022 図8に、図3とは異なる方向から同じ物体を観測して得られたステレオ画像の説明図の一例を示す。このステレオ画像が入力され(ステップS1、その2)、これに基づいて、上述と同様に、第二観測方向からの3次元輪郭線(ステップD1、その2)及び3次元領域(ステップD2、その2)を求める。

10023 図9に、図8のステレオ画像から復元した3次元輪郭線の説明図を示す。また、図10に、図8のステレオ画像から復元した3次元領域の説明図を示す。この段階では、既に作成中の物体モデルに登録されているので、この物体モデルと、新たに復元された3次元輪郭線/領域を位置合わせして(ステップS6)、これらを統合する(ステップS7、その2)。

10024 図11に、3次元情報と物体モデルの位置合わせ・統合についての説明図を示す。図11(A)は、図4の物体モデルの3次元輪郭線のみを示す。図11(B)は、図9の3次元領域のみを示す。第一観測方向からの物体モデル(図4)と、第二観測方向から観測された3次元輪郭線/領域(図9)との位置関係は、物体モデルの各点の座標値  $X = [x \ y \ z]^T$  を、3次元輪郭線/領域に一致するように移動させる  $4 \times 4$  座標変換行列によって表すことができる。座標変換行列Tは、例えば式で表され、後述するような位置合わせ手法等により、特定される。

10025 [数1]

$$T = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、Rは3×3回転行列、tは3×1平行移動ベクトルである。

10026 図11(C)に示されるように、特定された座標変換行列によって、Xを座標変換し、物体モデルと3次元輪郭線/領域とを統合する。ここで、重畳する3次元情報があれば除去し、物体モデルを更新する。以上の処理により、物体全体の幾何モデルが完成していないば、終了である。一方、まだ観測できていない部分があれば、更にその部分が見える位置に観測方向を移動し、上述の処理を繰り返す。物体全体の幾何モデルを生成するために必要な観測方向は、物体の形状や物体モデルの用途にもよるが、おおむね3～6方向程度が妥当である。

10027 つぎに、図12に、物体モデルの統合結果の説明図を示す。この図は、図3及び図8に示されたステレオ画像に、更にもう1方向のステレオ画像を加えて、計3方向からの観測データを統合して得られた物体モデルを示す。次に、図2ステップS9の観測方向の移動に関し、位置合わせ手法について説明する。位置合わせには、例えば、以下のような三種の手法がある。

10028 (1) 位置合わせ手法1 (移動/パラメータ既知)

第1の手法は、回転テーブルを用いて、観測方向の移動量を制御する手法である。物体をコンピュータから制御できる回転テーブル上に載せ、カメラシステムは固定する。あらかじめ、回転テーブルのカメラシステムに対する位置姿勢を校正しておく。図2ステップS9における観測方向の移動は、回転テーブルを必要だけ回転することによって行う。このとき、図2ステップS6において、上述の座標変換行列Tは、既知の回転角度から直接算出することができ、この手法では、常に安定した位置合わせが可能である。

10029 (2) 位置合わせ手法2 (移動/カメラ既知)

図13に、位置合わせ手法2についてのフローチャートを示す。第2の手法は、未知の観測方向からの3次元情報を位置合わせする手法である。ここでは、3次元幾何特徴を用いることにより、輪郭線の3次元情報と物体モデルとの位置合わせをするための処理の流れを示している。

10030 まず、現在作成中の物体モデルと、新たに復元された3次元輪郭線を入力(ステップS10)、3次元輪郭線に上述したような3次元幾何特徴を付加する(ステップS11)。この3次元幾何特徴と、物体モデルに含まれている3次元幾何特徴とを照合して位置合わせの候補を探索する(ステップS12)。こうして得られたそれぞれの位置合わせ候補について物体モデルの

50

9

検証点を選択する (ステップ S13)。そして、この検証点を用いて、各位置合わせ候補の直しさを検証して正しい位置合わせを選択し、同時にその位置合わせの精度を微調整する (ステップ S14)。

【0031】次に、図 14～図 16 を参照して、位置合わせ手法 2 の具体的な処理を説明する。図 14 に、位置合わせ手法 2 の処理についての説明図を示す。図 15 に、位置合わせ候補を探索するための 3 次元線何特徴の照合についての説明図を示す。また、図 16 に、位置合わせ候補の検証・微調整についての説明図を示す。

【0032】図 14 (A) に示すように、新たに復元された 3 次元線何特徴には、3 次元線何特徴が付加される。作成中の物体モデルにも、同様の 3 次元線何特徴が付加されている。これらの 3 次元線何特徴を照合して、形状が類似したものを探査する。3 次元線何特徴は、例えば、前述のように 2 つのベクトル及びその法線ベクトルからなるので、図 15 に示すように、物体モデルの線何特徴を 3 次元線何特徴の線何特徴に移動させる座標変換行列は一意に決まる。一般に、類似した 3 次元線何特徴の組は類似されるので、この時点で、正しい位置合わせを判断することはできず、図 14 (B) に示したような、位置合わせの候補がいくつか得られるのみである。そこで、位置合わせ候補のそれぞれについて、物体モデルを移動させ、物体モデルの輪郭線上から図 16 に示すような 3 次元検証点を選択し、これらの検証点の近傍に 3 次元線何特徴が存在するかどうか探索する。ここで、3 次元線何特徴が存在すれば、各検証点とその 3 次元線何特徴との対応点との距離が最小になるような座標変換行列 T を、最小自乗法によって算出し、位置合わせの精度を向上させる。T は、例えば次式で表される。

$$T = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【数 2】

物体モデルの検証点の位置 P を 3 次元線何特徴の対応点 P<sub>0</sub> に一致するように移動させる最適な R'、t' を、次式を最小にする最小自乗法によって算出する。ここで、n は検証点と対応点の組の数である。

【00334】

$$e^2 = \sum_{i=1}^n |R' P_{0i} + t' - P_{0i}|^2$$

【数 3】

【0035】また、次式で微調整後の物体位置が表わされる。なお、n が小さいか、位置合わせ精度が十分でないときは、新たに得られた物体位置に物体モデルを移動させ、検証点の選択から処理を一定の回数上限として繰り返す。繰り返し回数の上限は、おおむね 5～10 回程度が適当である。

$$R = R' \quad R$$

10

t = t' + t  
【0036】このようにして、全ての候補について上述のような位置合わせ候補の検証・微調整についての処理を行う。最も大きな値が得られた候補が、最も適切な位置合わせ結果であると考えられるので、これを最終的な位置合わせ結果とする。位置合わせ手法 2 では、回転・変換などの変換を使わずに位置合わせを行うことができれば、微調整方向を移動させる際には、ある程度物体モデルと重複した 3 次元線何特徴が得られるようにしなければならぬ。また、位置合わせ手法 2 では、別のステレオカメラシステムであらかじめ撮影しておいたステレオ画像の組をスライとして用い、また 3 次元情報と復元、位置合わせ、統合することも可能である。

【0037】(3) 位置合わせ手法 3。(移動・パラメータ追跡)

図 17 に、位置合わせ手法 3 についてのフローチャートを示す。第 3 の手法は、観測方向の移動を演出しながらその観測方向を変化させる手法である。まず、物体モデルを入力し (ステップ S15)、追跡点を選択する (ステップ S16)。対象物体またはカメラシステムの位置姿勢を少しずつ移動させながら時系列ステレオ画像を 1 フレーム入力し (ステップ S17)、物体モデルの追跡点のフレーム間の対応を探索して (ステップ S18)、観測方向のフレーム間の微小移動量を計算する (ステップ S19)。適正な位置までの観測方向の移動を完了したかどうかの判定を行う (ステップ S20)。ここで、観測方向の移動が完了していなければ、ステップ S16～S20 の処理を繰り返す。T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, ..., T<sub>n</sub> を算出する。ここで、n は繰り返し回数である。一方、観測方向の移動が完了していれば、これまで繰り返した微小移動の総和 T を、次式のように算出し、終了する。

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_n$$

【0038】ここで、ステップ S16～S20 の 1 回の処理時間は、1/10 秒以下であり、少なくとも毎秒数フレームを処理することができる。また、ここで算出した観測方向の移動は、図 2 のステップ S6 における位置合わせの座標変換行列として、そのまま用いることができる。

40

【0039】物体モデルの追跡点の選択 (ステップ S16) と、追跡点のフレーム間の対応探索 (ステップ S18) は、それぞれ、位置合わせ手法 2 の微調整処理における、検証点の選択、検証点近傍の対応点探索に相当する処理である。位置合わせ手法 3 では、時系列的なステレオ画像が入力されるので、フレーム間の時間差は、多くとも数百ミリ秒であり、その移動量はごくわずかで多くとも数ミリ秒である。このことから、位置合わせ手法 2 における位置合わせ候補の探索に相当する処理は必要なく、現在の物体モデルの位置を初期位置として、図 16 のような微調整処理をするだけで、座標変換行列を算出することができる。

11

【0040】ただし、位置合わせ手法 3 では、時系列ステレオ画像を長時間で高速に処理する必要があるため、フレーム毎に 3 次元線何特徴を復元することは困難である。このため、(1) 追跡点に対応する対応点の探索を 3 枚のステレオ画像のそれぞれの画像上でを行い、(2) 探索の結果得られた対応点の 3 次元情報を復元し、(3) その対応点の 3 次元座標値にモデルの追跡点を移動させる T<sub>i</sub> を、数式 (2) と同様算出する、という手順をとる。

【0041】なお、本発明の 3 次元モデル生成方法は、記憶媒体として CD-ROM や磁気テープなどを用い、システム、ソフトウェア、データ等を記録して、記録媒体として販売・提供することができる。

【0042】

【発明の効果】以上のように、本発明によると、複数の異なる観測方向から観測されたステレオ画像から、ステレオビジョンによって復元した 3 次元情報を位置合わせして統合し、コンピュータグラフィックス、CAD、パースペクティブリタ、ロボットビジョンなどで利用できる物体の 3 次元線何モデルを自動生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に関連するシステム構成図。

【図 2】本発明に係る 3 次元物体モデル生成方法のフローチャート。

【図 3】入力ステレオ画像の説明図。

【図 4】ステレオ画像から復元した輪郭線の 3 次元情報を表す説明図。

【図 5】輪郭線の 3 次元情報がセグメントに分割される特徴点を表す説明図。

【図 6】3 次元線何特徴の構造についての説明図。

【図 7】ステレオ画像から復元したテクスチャ/シェイ

【図 4】



図 4 のステレオ画像から復元した輪郭線の 3 次元情報を表す図

12

ジグザグ領域の 3 次元情報についての説明図。

【図 8】図 3 とは異なる方向から同じ物体を観測して得られたステレオ画像の説明図。

【図 9】図 8 のステレオ画像から復元した 3 次元線何特徴の説明図。

【図 10】図 8 のステレオ画像から復元した 3 次元領域の説明図。

【図 11】3 次元情報と物体モデルの位置合わせ・統合についての説明図。

【図 12】物体モデルの統合結果の説明図。

【図 13】位置合わせ手法 2 についてのフローチャート。

【図 14】位置合わせ手法 2 の処理についての説明図。

【図 15】位置合わせ候補を探索するための 3 次元線何特徴の照合についての説明図。

【図 16】位置合わせ候補の検証・微調整についての説明図。

【図 17】位置合わせ手法 3 についてのフローチャート。

【符号の説明】

1 コンピュータ

2 データバス

3 a, 3 b, 3 c テレビカメラ

4 a, 4 b, 4 c A/D 変換器

5 回転テーブル

6 画像メモリ

7 ディスプレイ装置

8 フリント

9 キーボード/ターミナル

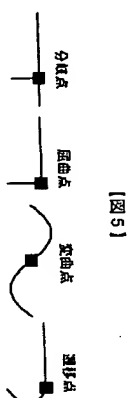
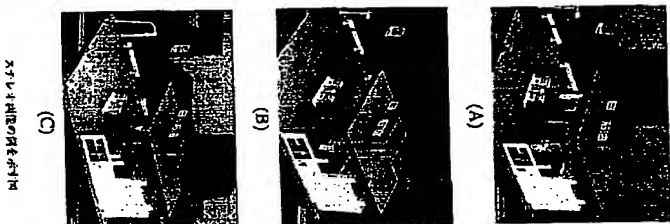
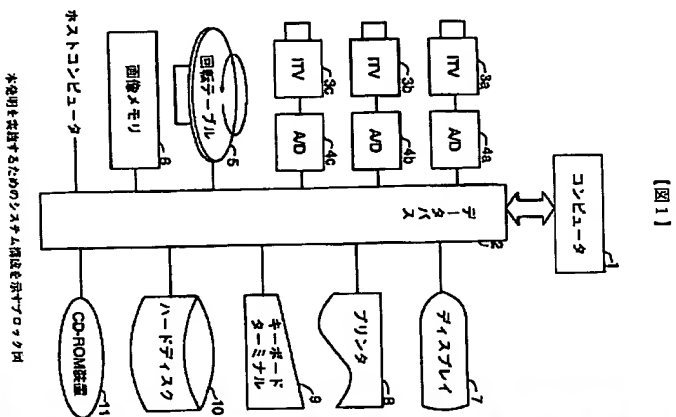
10 ハードディスク

11 入力装置

【図 7】



図 7 のステレオ画像から復元したテクスチャ/シェイプの 3 次元情報を表す図



輪郭線の3次元情報セグメントに分割される特徴点を示す図

【図9】

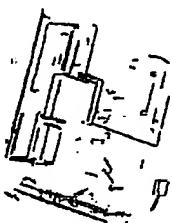
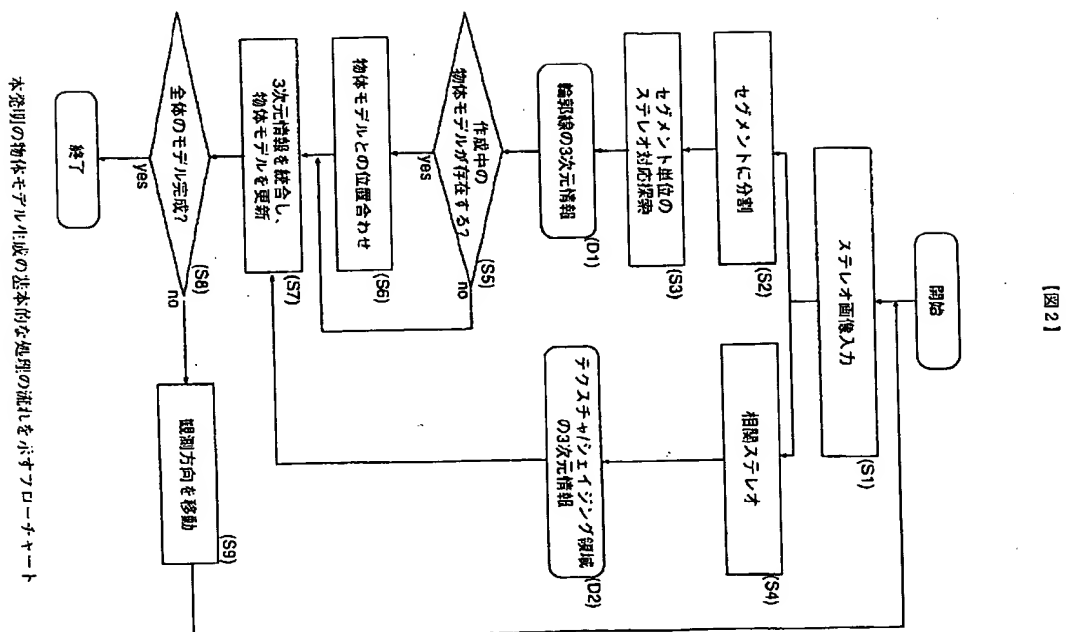
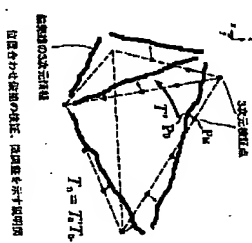
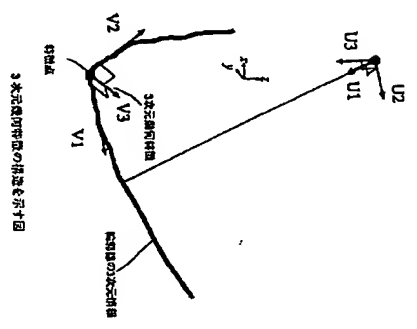


図8のステレオ画像から生成した輪郭線の3次元情報を示す図



【図6】



【図8】

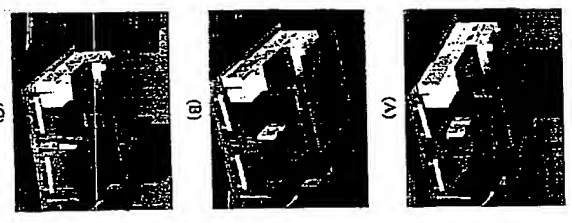


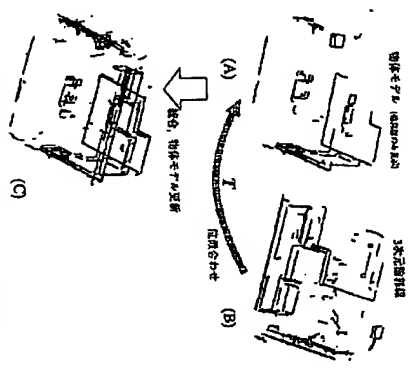
図8は異なる方向から検出した3次元モデルの形状を示す図

【図10】



図8の3次元モデルから検出した3次元モデルの形状を示す図

【図11】



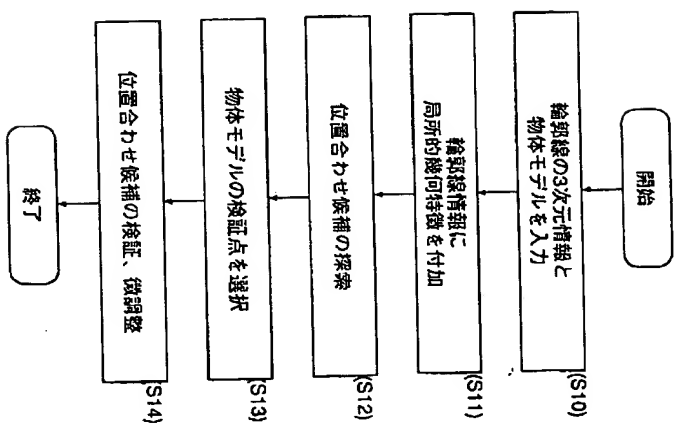
3次元モデルと物体モデルの位置合わせ・統合を示す図

【図12】



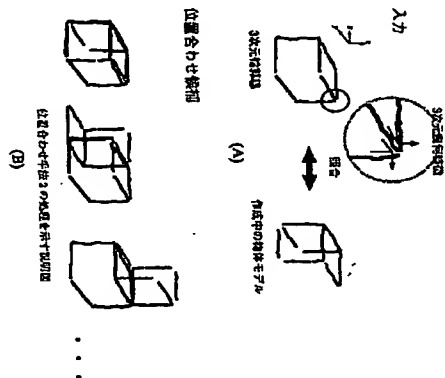
物体モデルの位置合わせを示す図

【図13】

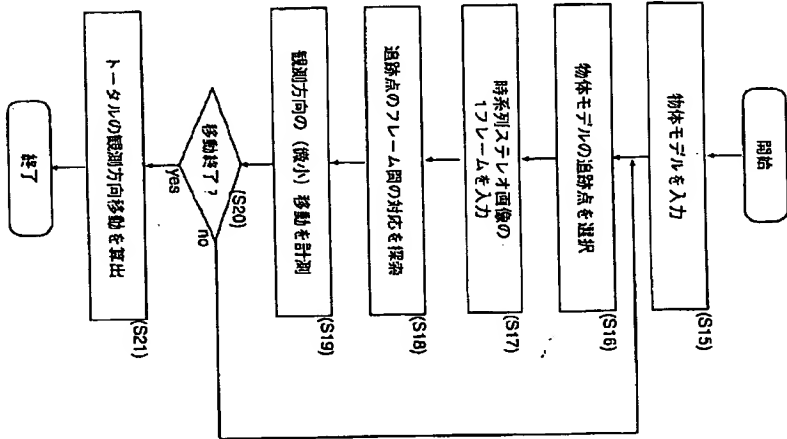


本発明の位置合わせ手法2の基本的な処理を示すフローチャート

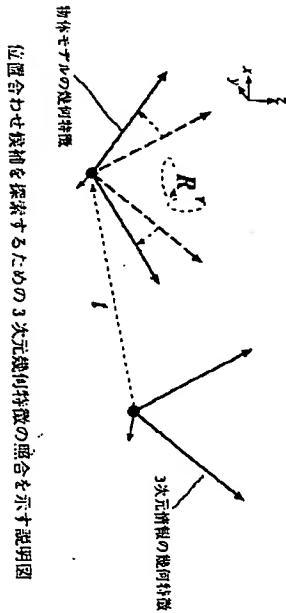
【図 14】



【図 17】



【図 15】



本発明の位置合わせ手法 3 における観測方向の追跡の処理を示すフローチャート

フロントページの続き

(72)発明者 河井 良浩  
茨城県つくば市梅園 1丁目1番4 工業技  
術院電子技術総合研究所内

Fターム(参考) 2F065 A53 B05 D003 F01 F05  
J103 J125 M004 P13 Q004  
Q021 Q024 Q032 R05 SS13  
S8050 BA09 CA04 DA07 EA05 EA06  
EA07 EA19 EA27 EA28